

Aplikasi Pewarnaan Graf Fuzzy untuk Mengklasifikasi Jalur Lalu Lintas di Persimpangan Jalan Insinyur Soekarno Surabaya

Sulastri, Darmaji, dan Mohammad Isa Irawan

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember(ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: mii@its.ac.id

Abstrak—Jalan Insinyur Soekarno menempati urutan pertama sebagai jalan rawan kecelakaan di Kota Surabaya. Salah satu cara untuk mengurangi tingkat kecelakaan yang terjadi adalah dengan mengklasifikasikan jalur lalu lintas sehingga dapat memperlancar arus lalu lintas dan tidak terjadi kemacetan. Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengklasifikasian jalur lalu lintas dengan menggunakan metode pewarnaan graf fuzzy. Terdapat 12 simpul yang menggambarkan arus lalu lintas dan 28 sisi menginterpretasikan jalur lalu lintas yang memiliki potensi terjadinya kecelakaan. Hasil yang diperoleh Tugas Akhir ini adalah 4 bilangan kromatik yang mengakibatkan terbentuknya 4 fase lampu lalu lintas dan waktu lampu hijau maksimal yakni 42 detik saat pagi, 40 detik saat siang, dan 43 detik saat sore.

Kata Kunci—Pewarnaan graf fuzzy, Klasifikasi jalur lalu lintas, Durasi lampu hijau.

I. PENDAHULUAN

DALAM dua tahun terakhir ini, Badan Pusat Statistik Indonesia mencatat 117.949 jumlah kecelakaan lalu lintas terjadi di Indonesia dan 29.544 korban meninggal dunia pada tahun 1999-2012 [1]. Tingginya angka kecelakaan lalu lintas ini disebabkan oleh berbagai faktor antara lain kelalaian manusia, kondisi kendaraan, rambu lalu lintas dan infrastruktur jalan. Faktor kelalaian manusia dalam berkendara juga menjadi penyebab utama kecelakaan lalu lintas di kota Surabaya. Terbukti dengan adanya data dari Satlantas Polresta Surabaya yang menyatakan bahwa 620 kejadian kecelakaan lalu lintas terjadi sejak Maret hingga Desember 2013 [1].

Cara yang paling penting dalam mengurangi angka kecelakaan lalu lintas adalah mengidentifikasi lokasi dimana padat lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas sering terjadi [2]. Oleh karena itu, perlu adanya klasifikasi daerah kecelakaan lalu lintas (*accidental zone*) agar masyarakat bisa membedakan di bagian jalur lalu lintas mana yang harus diwaspadai, sehingga masyarakat sebagai pengendara bisa mengatur kecepatan berkendara yang aman bagi pengguna jalan dan terhindar dari kecelakaan lalu lintas. Klasifikasi daerah rawan kecelakaan dapat dilakukan dengan menggunakan metode pewarnaan graf fuzzy.

Pewarnaan graf fuzzy merupakan perluasan dari pewarnaan graf [3]. Terdapat bilangan asli terkecil k sedemikian hingga simpul-simpul pada sebuah graf fuzzy \tilde{G} dapat diwarnai dengan k warna berbeda. Dalam metode ini, jalur lalu lintas akan direpresentasikan menjadi graf fuzzy dan diklasifikasikan berdasarkan jumlah kendaraan yang melewati jalur tersebut. Kemudian akan diperoleh bilangan kromatik $\chi_\alpha(\tilde{G})$ sebagai peta daerah rawan kecelakaan waktu lampu hijau maksimal, sehingga Dinas Perhubungan Kota Surabaya bisa mengatur lalu lintas yang paling ideal dan memaksimalkan pengamanan lalu lintas pada daerah rawan kecelakaan. Akibatnya, masyarakat bisa lebih berhati-hati saat melewati daerah padat kendaraan karena terdapat kemungkinan terjadi kecelakaan.

Sebastian Prakoso menganalisa daerah rawan kecelakaan dengan memperhatikan riwayat kecelakaan yang telah terjadi [2]. Sedangkan pada Tugas Akhir ini, selain menggunakan riwayat kecelakaan lalu lintas sebagai tahap awal penentuan daerah rawan kecelakaan, kemudian penulis akan menggunakan aplikasi pewarnaan graf fuzzy untuk mengklasifikasikan jalur lalu lintas pada daerah rawan kecelakaan di kota Surabaya berdasarkan data yang diperoleh dari Polresta Surabaya sejak Maret sampai dengan Desember 2013, Jalan Ir. Soekarno menempati urutan pertama sebagai jalan yang memiliki angka kecelakaan tertinggi setelah Jalan Ahmad Yani dan Jalan Manstrip [1]. Dari klasifikasi tersebut akan diperoleh $\chi_\alpha(\tilde{G})$ dan waktu lampu hijau maksimal.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

A. Studi Literatur

Pada tahap ini telah dipelajari lebih mendalam literatur-literatur mengenai pewarnaan graf fuzzy dan gerak lurus berubah beraturan .

B. Pengumpulan Data dan Analisa Data

Pada tahap ini telah dilakukan pengamatan langsung pada persimpangan Jalan Ir. Soekarno-Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya Indah, sehingga diperoleh data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

- Peta atau gambar persimpangan Jalan Ir. Soekarno-Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya Indah, beserta lebar jalan diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Surabaya. Data ini digunakan sebagai pengidentifikasi awal masalah kecelakaan lalu lintas yang telah terjadi di persimpangan jalan tersebut.
- Arus lalu lintas persimpangan Jalan Ir. Soekarno-Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya Indah diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Data ini digunakan dalam menentukan simpul pada graf fuzzy.
- Jumlah kendaraan yang melewati persimpangan lalu lintas Jalan Ir. Soekarno-Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya Indah didapatkan dari pengamatan langsung dalam waktu 2 hari (Minggu dan Senin), khususnya pada jam-jam sibuk yakni 6.30-7.30, 12.30-13.30, dan 16.30-17.30. Penelitian dilakukan selama 1 jam pada 12 jalur lalu lintas.

C. Penyelesaian Masalah

Pada tahap ini dilakukan langkah-langkah mengklasifikasi daerah rawan kecelakaan di Kota Surabaya dengan menentukan bilangan kromatik graf fuzzy pada persimpangan Jalan Ir. Soekarno-Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya Indah. Penentuan bilangan kromatik graf fuzzy ini menggunakan pewarnaan graf fuzzy.

D. Pengembangan Software

Berdasarkan analisa penyelesaian masalah dibuat algoritma pemrograman, bentuk tampilan software dan pengujian data volume kendaraan yang sudah diperoleh setelah pengamatan langsung di persimpangan jalan.

E. Analisa Hasil dan Penarikan Kesimpulan

Hasil dari Tugas Akhir ini adalah bilangan kromatik graf fuzzy dan waktu lampu hijau pada persimpangan Jalan Ir. Soekarno- Jalan Arief Rahman Hakim- Jalan Kertajaya Indah sebagai rekomendasi untuk menyelesaikan permasalahan kemacetan sehingga kecelakaan lalu lintas dapat terminimalisir.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Pembentukan Graf Fuzzy

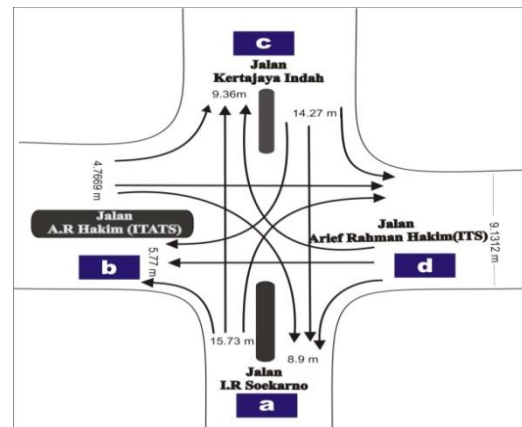
Sebuah graf dianggap sebagai salah satu alat yang sesuai untuk menyelesaikan beberapa permasalahan, seperti penjadwalan dan penentuan rute terpendek. Seiring bertambahnya ilmu teknologi, sekarang graf dikombinasikan dengan fuzzy menjadi graf fuzzy mampu menyelesaikan permasalahan lalu lintas.

Pada permasalahan ini, setiap arus lalu lintas direpresentasikan sebagai simpul pada graf fuzzy dan nilai keanggotaan bergantung pada jumlah kendaraan yang melewati jalur tersebut. Sebuah *edge* (sisi) yang menghubungkan dua simpul merepresentasikan setiap kemungkinan kecelakaan. Dua simpul dikatakan bertetangga (terhubung) jika arus lalu lintas saling bersilangan satu sama lain. Karena arus lalu lintas yang saling bersilangan maka

terdapat kemungkinan terjadinya kecelakaan. Oleh karena itu, metode yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah menggunakan graf fuzzy.

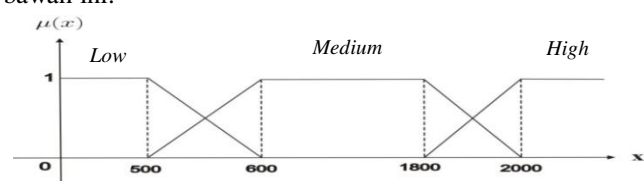
Adapun metode graf yang lain seperti planning graf kurang bisa merepresentasikan permasalahan ini karena pada metode planning graf hanya jalur yang saling bersilangan saja yang diperhatikan, namun jalur yang saling bersinggungan tidak diperhatikan padahal jalur tersebut masih terdapat kemungkinan terjadinya kecelakaan, sedangkan di graf fuzzy jalur yang saling bersinggungan dan saling berpotongan semuanya diperhatikan sehingga bisa melihat semua kemungkinan jalur yang bisa menimbulkan kecelakaan.

Berikut ini aturan pembobotan sisi graf fuzzy. Jika nilai keanggotaan dua simpul adalah *high* (h), atau salah satu simpul memiliki nilai keanggotaan *high* (h) dan satu simpul yang lain nilai keanggotaannya *medium* (m) maka nilai keanggotaan simpul tersebut adalah *high* (h). Jika nilai keanggotaan dua simpul adalah *medium* (m) atau salah satu simpul memiliki nilai keanggotaan *high* (h) dan satu simpul yang lain nilai keanggotaannya *low* (l) maka nilai keanggotaan simpul tersebut adalah *medium* (m). Jika nilai keanggotaan dua simpul adalah *low* (l), atau salah satu simpul memiliki nilai keanggotaan *low* (l) dan satu simpul yang lain nilai keanggotaannya *medium* (m) maka nilai keanggotaan simpul tersebut adalah *low* (l) [2].



Gambar 1. Jalur Lalu Lintas Persimpangan Jalan Ir. Soekarno- A.R Hakim- Kertajaya Indah, Surabaya

Pada Gambar 1 setiap anak panah menggambarkan kendaraan yang akan berjalan dari satu arah ke arah yang lain. Jumlah kendaraan pada semua jalur tidak sama. Oleh karena itu, perlu ditentukan himpunan fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan berdasarkan jumlah kendaraan. Data *survey traffic counting* pada hari Senin pagi ditunjukkan oleh Tabel 1 diolah kedalam fungsi keanggotaan berdasarkan grafik fungsi keanggotaan trapesium seperti Gambar 2 dan Tabel 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium Tiga Klasifikasi

Tabel 1.
Data Jumlah Kendaraan pada saat Senin Pagi

No	Nama Jalan	Jumlah Kendaraan
1	Jl. Arief rahman Hakim (ITS) menuju Jl. Kertajaya Indah	817
2	Jl. Ir. Soekarno menuju Jl. Kertajaya Indah	4739
3	Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS) menuju Jl. Kertajaya Indah	589
4	Jl. Arief rahman Hakim (ITATS) menuju Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)	652
5	Jl. Ir. Soekarno menuju Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)	768
6	Jl. Kertajaya Indah menuju Jl. Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)	665
7	Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS) menuju Ir. Soekarno	193
8	Jl. Kertajaya Indah menuju Ir. Soekarno	3204
9	Jl. Arief Rahman Hakim(ITS) menuju Ir. Soekarno	83
10	Ir. Soekarno menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)	169
11	Jl. Kertajaya Indah menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)	892
12	Jl. Arief Rahman Hakim(ITS) menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)	796

Tabel 2.
Pengklasifikasian Data Pengamatan

Jumlah Kendaraan	Low (l)	Medium (m)	High(h)
0	Y*	N	N
500	Y*	Y	N
600	Y	Y*	N
1800	N	Y*	Y
2000	N	Y	Y*

Dengan:

Y = Tingkat kepadatan kendaraan yang masuk dalam interval $(0 < \mu_A(x) < 1)$

Y* = Tingkat kepadatan kendaraan dalam kondisi ideal $(\mu_A(x) = 1)$

N = Tingkat kepadatan kendaraan yang tidak masuk dalam interval $(\mu_A(x) = 0)$

Setelah memperoleh pembagian klasifikasi, maka dapat diperoleh nilai keanggotaan Simpul (4) pada tabel 3 dan nilai keanggotaan sisi (4) seperti tabel 4.

$$\mu_{low}(x; 500, 600) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 500 \\ \frac{x-500}{600-500}, & 500 \leq x \leq 600 \\ 0, & \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{medium}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq 500 \\ \frac{x-500}{600-500}, & 500 \leq x \leq 600 \\ 1, & 600 \leq x \leq 1800 \\ \frac{x-1800}{2000-1800}, & 1800 \leq x \leq 2000 \\ 0, & \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{high}(x; 1800, 2000) = \begin{cases} 1, & x \geq 2000 \\ \frac{x-1800}{2000-1800}, & 1800 \leq x \leq 2000 \\ 0, & \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (3)$$

Nilai keanggotaan *low* untuk $x = 589$ adalah

$$\mu_{low} = \frac{589 - 500}{600 - 500} = 0,11$$

Nilai keanggotaan *medium* untuk $x = 589$ adalah

$$\mu_{medium} = \frac{589 - 500}{600 - 500} = 0,89$$

Nilai keanggotaan *high* untuk $x = 589$ adalah $\mu_{high} = 0$

Untuk membangun himpunan fuzzy yang menggunakan union dari himpunan fuzzy low dan medium digunakan aturan Zadeh Daerah antara dua himpunan dioperasikan sebagai

$$\begin{aligned} \mu_{A \cup B}(x) &= \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad [4]. \\ \mu_{low \cup medium} &= \max\{\mu_{high}, \mu_{medium}, \mu_{low}\} \\ &= \max\{0; 0,11; 0,89\} \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

Dari nilai keanggotaan union tersebut diperoleh bahwa nilai keanggotaan simpul bc (σ) adalah m . Begitu juga dengan nilai keanggotaan simpul yang lainnya.

Tabel 3.
Nilai Keanggotaan Simpul (σ) pada Graf fuzzy

Simpul	ab	ac	Ad	ba	bc	bd
Jumlah Kendaraan	169	4739	768	193	580	652
σ	l	h	m	l	m	m
Simpul	ca	cb	Cd	da	db	dc
Jumlah Kendaraan	3204	892	665	83	796	817
σ	h	m	m	l	m	m

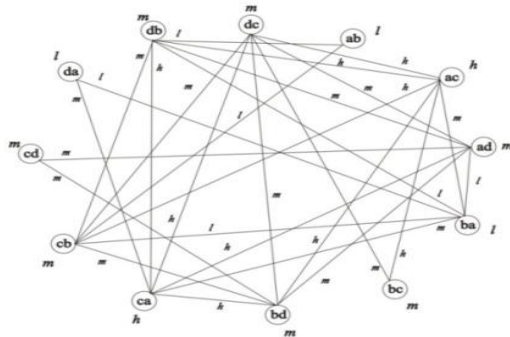
Dengan

ab:	Ir. Soekarno menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)
ac:	Jl. Ir. Soekarno menuju Jl. Kertajaya Indah
ad:	Jl. Ir. Soekarno menuju Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)
ba:	Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS) menuju Ir. Soekarno
bc:	Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS) menuju Jl. Kertajaya Indah
bd:	Jl. Arief rahman Hakim (ITATS) menuju Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)
ca:	Jl. Kertajaya Indah menuju Ir. Soekarno
cb:	Jl. Kertajaya Indah menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)
cd:	Jl. Kertajaya Indah menuju Jl. Jl. Arief Rahman Hakim (ITS)
da:	Jl. Arief Rahman Hakim(ITS) menuju Ir. Soekarno
db:	Jl. Arief Rahman Hakim(ITS) menuju Jl. Arief Rahman Hakim(ITATS)
dc:	Jl. Arief rahman Hakim (ITS) menuju Jl. Kertajaya Indah

Tabel 4.
Nilai Keanggotaan Sisi (μ) pada Graf fuzzy

Sisi	ab cb	ab db	ac ba	ac bc	ac bd	ac cb	ac db
μ	l	l	m	h	h	h	h
Sisi	ac dc	ad ba	ad bd	ad ca	ad cd	ad db	ad dc
μ	h	m	m	m	m	m	m
Sisi	ba ca	ba cb	ba da	ba db	bc dc	bd ca	bd cb
μ	m	l	l	l	m	h	m
Sisi	bd cd	bd dc	ca da	ca db	ca dc	cb db	cb dc
μ	m	m	m	h	h	m	m

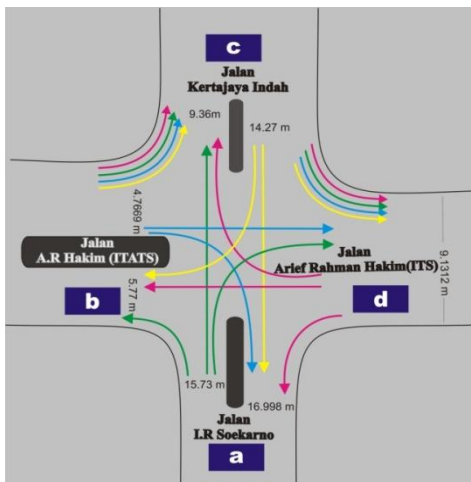
Gambar graf fuzzy pada saat Senin pagi lengkap dengan pembobotan nilai keanggotaan simpul dan sisi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Graf Fuzzy pada saat Senin Pagi

B. Pewarnaan Graf Fuzzy

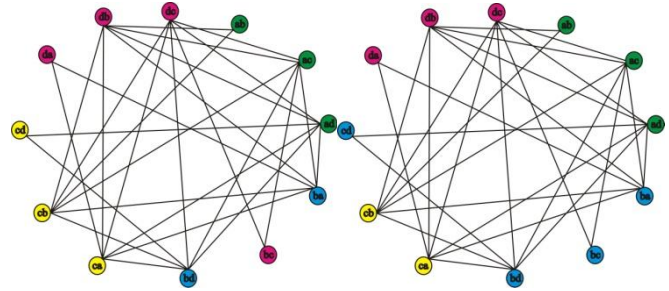
Pewarnaan graf fuzzy pada masalah lalu lintas ini menggunakan konsep dari Eslachi dan Onagh. Mereka mendefinisikan bilangan kromatik graf fuzzy sebagai bilangan asli terkecil k sedemikian hingga simpul-simpul pada sebuah graf fuzzy dapat diwarnai dengan k warna berbeda [5].



Gambar 4. Kondisi Nyata Arus Lalu Lintas

Kondisi nyata arus lalu lintas pada Gambar 4 akan menimbulkan kemungkinan adanya kemacetan yang berakibat pada kecelakaan. Hal ini disebabkan oleh kendaraan yang melewati arus bc dan cd dapat berjalan terus menerus tanpa berhenti karena tidak ada lampu merah.

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh pewarnaan graf pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa terdapat simpul yang bertetangga dengan warna sama. Hal ini tidak diperbolehkan karena akan menimbulkan kecelakaan.



Gambar 5. Pewarnaan Graf saat Kondisi Nyata Arus Lalu Lintas

Oleh karena itu perlu adanya pewarnaan graf fuzzy untuk menyelesaikan permasalahan tersebut sehingga dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 akan ditentukan himpunan α -cut dari graf fuzzy Senin pagi.

- Untuk $\alpha = h \rightarrow G_h = (V_h, E_h)$ dengan $V_h = \{ac, ca \mid \sigma \geq h\}$ dan $E_h = \{\{\} \mid \mu \geq h\}$

$$\gamma_1(v_i) = \begin{cases} h, & \text{untuk } i = ac \\ h, & \text{untuk } i = ca \\ 0, & \text{untuk } i \text{ yang lain} \end{cases}$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa $\chi(G_h) = 1$ dengan keluarga himpunan $\Gamma = \{\gamma_1\}$ yang masing-masing simpulnya telah diwarnai dengan 1 warna.

- Untuk $\alpha = m \rightarrow G_m = (V_m, E_m)$ dengan

$$V_m = \{ac, ad, bc, bd, ca, cb, cd, db, dc \mid \sigma \geq m\} \text{ dan}$$

$$E_m = \{ac\ ba, ac\ bc, ac\ bd, ac\ cb, ac\ db, ac\ dc, ad\ bd, ad\ ca, ad\ cd, ad\ db, ad\ dc, ba\ ca, bc\ dc, bd\ ca, bd\ cb, bd\ cd, bd\ dc, ca\ da, ca\ db, ca\ dc, cb\ db, cb\ dc \mid \mu \geq l\}$$

$$\gamma_2(v_i) = \begin{cases} m, & \text{untuk } i = ad \\ m, & \text{untuk } i = bc \\ m, & \text{untuk } i = cb \\ 0, & \text{untuk } i \text{ yang lain} \end{cases} \quad \gamma_7(v_i) = \begin{cases} m, & \text{untuk } i = cd \\ m, & \text{untuk } i = db \\ m, & \text{untuk } i = dc \\ 0, & \text{untuk } i \text{ yang lain} \end{cases}$$

$$\gamma_1(v_i) = \begin{cases} h, & \text{untuk } i = ac \\ h, & \text{untuk } i = ca \\ 0, & \text{untuk } i \text{ yang lain} \end{cases} \quad \gamma_5(v_i) = \begin{cases} m, & \text{untuk } i = cb \\ 0, & \text{untuk } i \text{ yang lain} \end{cases}$$

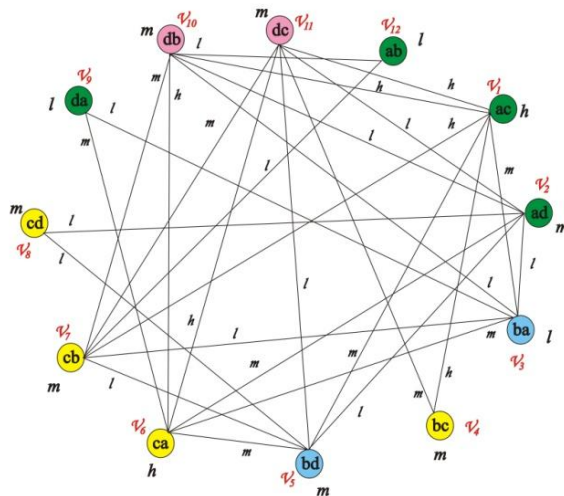
Jadi dapat disimpulkan bahwa $\chi(G_m) = 4$ dengan keluarga himpunan $\Gamma = \{\gamma_2, \gamma_7, \gamma_1, \gamma_5\}$ yang masing-masing simpulnya telah diwarnai.

- Untuk $\alpha = 1 \rightarrow G_1 = (V_1, E_1)$ dengan

$$V_1 = \{ab, ac, ad, ba, bc, bd, ca, cb, cd, da, db, dc | \sigma \geq 1\}$$

dan

$$E_1 = \{ab\,cb, ab\,db, ac\,ba, ac\,bc, ac\,bd, ac\,cb, ac\,db, ac\,dc, ad\,ba, ad\,bd, ad\,ca, ad\,cd, ad\,db, ad\,dc, ba\,ca, ba\,cb, ba\,da, ba\,db, bc\,dc, bd\,ca, bd\,cb, bd\,cd, bd\,dc, ca\,da, ca\,db, ca\,dc, cb\,db, cb\,dc | \mu \geq 1\}$$



Gambar 6. Pewarnaan Graf fuzzy G_1

$$\gamma_1(v_i) = \begin{cases} h, \text{ untuk } i = ac \\ m, \text{ untuk } i = ad \\ l, \text{ untuk } i = da \\ l, \text{ untuk } i = ab \\ 0, \text{ untuk } i \text{ yang lain} \end{cases} \quad \gamma_6(v_i) = \begin{cases} h, \text{ untuk } i = ca \\ m, \text{ untuk } i = cb \\ m, \text{ untuk } i = cd \\ m, \text{ untuk } i = bc \\ 0, \text{ untuk } i \text{ yang lain} \end{cases}$$

$$\gamma_3^*(v_i) = \begin{cases} l, \text{ untuk } i = ba \\ m, \text{ untuk } i = bd \\ 0, \text{ untuk } i \text{ yang lain} \end{cases} \quad \gamma_{10}^*(v_i) = \begin{cases} m, \text{ untuk } i = db \\ m, \text{ untuk } i = dc \\ 0, \text{ untuk } i \text{ yang lain} \end{cases}$$

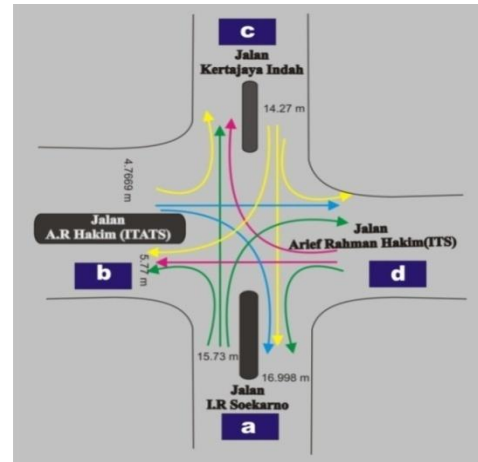
Jadi diperoleh $\chi(G_1) = 4$ dengan $\Gamma = \{\gamma_1, \gamma_6, \gamma_3^*, \gamma_{10}^*\}$ yang masing-masing simpulnya telah diwarnai dengan baik dan diperoleh 4 fase lalu lintas yang ditunjukkan pada table 5 I bawah ini

Tabel 5.
Arus Lalu Lintas yang Berjalan

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
ac,ad,da,ab	ca,cb,cd,bc	ba, bd	db,dc

Pewarnaan graf fuzzy pada Gambar 6 jika diterapkan kembali ke dalam kondisi nyata di ruas jalan terlihat seperti Gambar 7. Ruas jalur dengan warna yang sama dapat berjalan bersama-sama karena tidak akan mengakibatkan kecelakaan.

Jadi pengguna jalan dapat menggunakan jalur dengan aman ketika melalui jalur berwarna sama.



Gambar 7. Arus Lalu Lintas Hasil Pewarnaan Graf Fuzzy G_1

Dalam hal ini warna hijau mewakili jalan di fase 1. Jadi arus (dari Ir. Soekarno menuju A.R Hakim (ITATS), dari Ir. Soekarno menuju Kertajaya Indah, dari Ir. Soekarno menuju A.R Hakim (ITS), dan dari A.R Hakim (ITS) menuju Ir. Soekarno) berjalan bersamaan, warna biru mewakili jalan di fase 3. Jadi arus (dari A.R Hakim (ITATS) menuju Ir. Soekarno, dan menuju A.R Hakim (ITATS) menuju A.R Hakim (ITS)) berjalan bersamaan, warna kuning mewakili jalan di fase 2. Jadi arus (dari A.R Hakim (ITATS) menuju Kertajaya Indah, dari Kertajaya Indah menuju Ir. Soekarno, dari Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITS), dan dari Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITATS)) berjalan bersamaan, dan warna merah mewakili jalan di fase 4. Jadi arus (dari A.R Hakim (ITS) menuju Kertajaya Indah, dan menuju A.R Hakim (ITS) menuju A.R Hakim (ITATS)) berjalan bersamaan.

Langkah pewarnaan yang sama diterapkan pada kelima data *survey traffic counting*. Sehingga diperoleh hasil pewarnaan graf fuzzy untuk

- Minggu pagi $\chi(G) = \{(4, l), (2, m)\}$
- Minggu siang $\chi(G) = \{(4, l), (1, m), (1, h)\}$
- Minggu sore $\chi(G) = \{(4, l), (1, m)\}$
- Senin pagi $\chi(G) = \{(4, l), (4, m), (1, h)\}$
- Senin siang $\chi(G) = \{(4, l), (2, m), (1, h)\}$
- Senin sore $\chi(G) = \{(4, l), (3, m), (1, h)\}$

C. Perhitungan Waktu Lampu Hijau

Waktu lampu hijau diperoleh dari rumus gerak lurus berubah braturan (GLBB) pada persamaan 5. GLBB merupakan gerak lurus dengan percepatan konstan, dimana kecepatan berubah teratur selama gerak berlangsung[6].

$$v_t = v_0 + at \quad (3)$$

$$v_t^2 = v_0^2 + 2as \quad (4)$$

$$t = \frac{2s}{v_t} \times 3600 \quad (5)$$

dengan:

- V_0 = Kecepatan awal (kondisi awal disaat lampu merah/kendaraan berhenti yakni 0 km/jam)
 V_t = Kecepatan Konstan (kecepatan kendaraan melaju diasumsikan sama, yakni sebesar 20 km/jam)
 S = Panjang antrian kendaraan + lebar jalan menuju persimpangan tujuan (km)
 t = Waktu lampu hijau (detik)

Tabel 6.
Data Jarak Padat Kendaraan dan Lebar Jalan

No	Nama Jalan	Panjang (km)	Lebar (km)
1	A.R Hakim(ITATS) menuju Kertajaya Indah	75.5	20
2	Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITS)	62.5	23
3	Kertajaya Indah menuju Ir. Soekarno	98	47
4	Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITATS)	87.5	46

Tabel 6 merupakan data panjang antrian kendaraan dan lebar jalan, sedangkan Tabel 7 adalah hasil perhitungan waktu lampu hijau maksimal pada fase 2, yakni Jalan A.R Hakim(ITATS) menuju Jalan Kertajaya Indah, Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan A.R Hakim (ITS), Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan A.R Hakim (ITATS), dan Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan Ir. Soekarno) saat Senin pagi. Hasil yang diperoleh adalah rata-rata waktu lampu hijau untuk fase 2 saat Senin pagi sebesar 42 detik. Sedangkan rata-rata waktu lampu hijau untuk fase 2 saat Senin siang sebesar 40 detik dan untuk Senin sore sebesar 43 detik.

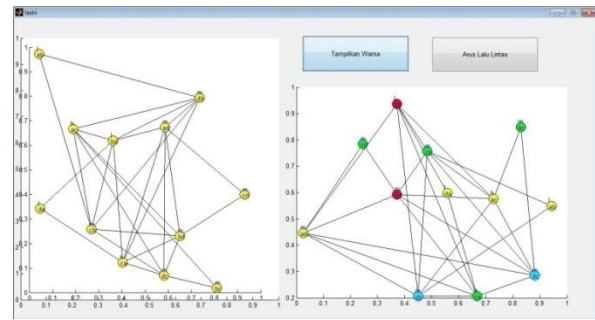
Tabel 7.
Waktu Lampu Hijau pada saat Senin Pagi

No	Nama Jalan	Total Jarak (km)	Waktu Hijau (detik)
1	A.R Hakim(ITATS) menuju Kertajaya Indah	0.191	35
2	Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITS)	0.171	31
3	Kertajaya Indah menuju Ir. Soekarno	0.20	53
4	Kertajaya Indah menuju A.R Hakim (ITATS)	0.267	49

D. Software Pewarnaan Graf Fuzzy

Pengembangan program pewarnaan graf fuzzy ini menggunakan matlab 2010a. Hasil pewarnaan graf fuzzy pada Gambar 8 diperoleh dari langkah-langkah berikut ini.

1. Masukan data jumlah kendaraan berupa excel beserta pelabelan sesuai arus pada gambar lalu lintas nyata.
2. Proses fuzzifikasi mengubah data tersebut ke dalam bentuk nilai keanggotaan fuzzy (bobot simpul dan sisi).
3. Dilakukan pewarnaan graf fuzzy dan diperoleh bilangan kromatiknya.



Gambar 8. Hasil Pewarnaan Graf Fuzzy pada saat Senin Pagi

IV. KESIMPULAN

Dari analisa dan pembahasan diperoleh simpulan bahwa

1. Graf fuzzy untuk permasalahan lalu lintas di persimpangan Jalan Ir. Soekarno- Jalan Arief Rahman Hakim-Jalan Kertajaya indah menghasilkan 12 simpul dan 28 sisi.
2. Pewarnaan Graf Fuzzy dari keenam data diperoleh hasil yang sama untuk $\alpha = 1$ adalah 4 bilangan kromatik sehingga terbentuk 4 klasifikasi lampu lalu lintas yakni fase 1 (ab,ac,ad,da), fase 2 (ca,cb,cd,bc), fase 3 (ba,bd), dan fase 4 (db,dc).
3. Implementasi pewarnaan graf fuzzy dengan pengembangan software matlab dapat menampilkan pembagian klasifikasi dengan warna yang sama sehingga dapat memberikan rekomendasi waktu lampu hijau untuk fase 2 (Jalan A.R Hakim(ITATS) menuju Jalan Kertajaya Indah, Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan A.R Hakim (ITS), Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan A.R Hakim (ITATS), dan Jalan Kertajaya Indah menuju Jalan Ir. Soekarno) sebesar 42 detik saat pagi, 40 detik saat siang dan 43 detik saat sore.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I.M.Sukama.2014. "Data Kecelakaan Lalu lintas di Kota Surabaya Sejak Maret Sampai dengan Desember 2013". Polrestabes Kota Surabaya. Surabaya.
- [2] S. Prakoso.2009. "Analisa Kecelakaan Lalu Lintas pada Ruas Jalan Luar Kota Surabaya-Porong". **Tugas Akhir.ITS**.Surabaya
- [3] S.Munoz, M.T.Ortuno, J.Ramirez, and J.Yanez.2005. "Coloring Fuzzy Graphs".Omega 33.211-221
- [4] P. Pudjo widodo, R. Trias Handayanto.2009."Penerapan Soft Computing dengan Matlab".Rekayasa Sains. Bandung
- [5] R.Isnaini.2009."Penentuan Bilangan Kromatik Fuzzy pada Graf Fuzzy $G_F(V, E_F)$ melalui Bilangan Kromatik pada $cut-(V, E_\alpha)$ ".Seminar Nasional Matematika dan pendidikan Matematika jurusan pendidikan Matematika FMIPA UNY
- [6] R.Lubis.2008."Diktat Kuliah Fisika Dasar 1". Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer.UNIKOM.Bandung.